



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07094780 A**(43) Date of publication of application: **07.04.95** ✓

(51) Int. Cl. **H01L 33/00**  
**H01L 27/12**  
**H01L 29/205**

(21) Application number: **05234766**(22) Date of filing: **21.09.93**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor:  
**SUZUKI MARIKO**  
**ITAYA KAZUHIKO**  
**SUGAWARA HIDETO**  
**OKAJIMA MASASUE**

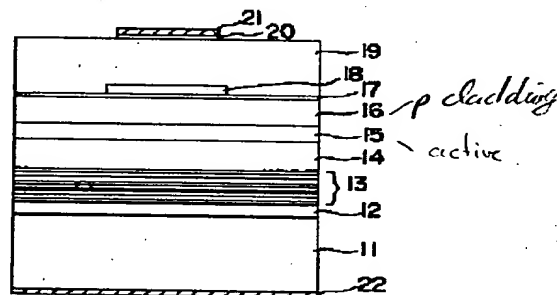
## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To realize a low resistance p-type layer made of high Al composition InGaAlP, realize excellent surface morphology and hillock density and improve the device characteristics and the manufacturing yield even if InGaAlP system material is employed.

**CONSTITUTION:** In a semiconductor light emitting device which is made of  $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$  and has a double-hetero-structure part in which an active layer 15 is sandwiched between a p-type cladding layer 16 and an n-type cladding layer 14, the Al mixed crystal ratio (x) of the p-type cladding layer 16 is predetermined to be  $x \leq 0.75$  and the oxygen concentration of the p-type cladding layer 16 is predetermined to be not larger than  $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ .

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-94780

(43) 公開日 平成7年(1995)4月7日

(51) Int. CL <sup>8</sup>	識別記号	序内整理番号	P I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00	B			
27/12	G			
29/205				

H 0 1 L 29/ 205

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平5-234768	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成5年(1993)9月21日	(72) 発明者	鈴木 真理子 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
特許法第30条第1項適用申請有り 1993年8月29日~9月1日、THE JAPAN SOCIETY OF APPLIED PHYSICS主催の「the 1993 International Conference on SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS」において文書をもって発表		(72) 発明者	板谷 和彦 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
		(72) 発明者	菅原 秀人 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦

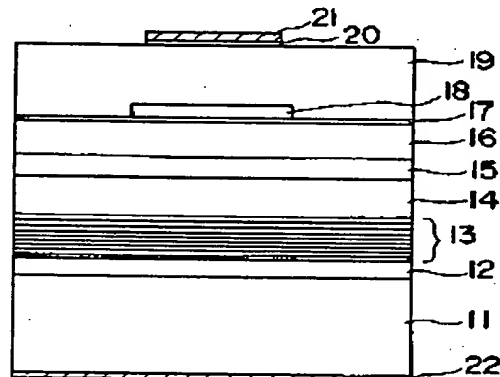
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【要約】

【目的】 InGaAlP系材料を用いても、高Al組成InGaAlPの低抵抗p型層を実現し、かつ良好な表面モホロジー及びヒロック密度を実現することができ、素子特性の向上及び製造歩留まりの向上をはかり得る半導体発光装置を提供すること。

【構成】 In<sub>1-x</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>2</sub>Pからなり、活性層15をp型クラッド層16及びn型クラッド層14で挟んだダブルヘテロ構造部を有する半導体発光装置において、p型クラッド層16のAl混晶比xをx≥0.75とし、p型クラッド層16の酸素濃度を2×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>以下に設定してなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x})$ 、Pからなり、活性層をp型クラッド層及びn型クラッド層で挟んだダブルヘテロ構造部を有する半導体発光装置において、

前記p型クラッド層のAl混晶比 $x$ を $x \geq 0.75$ とし、前記p型クラッド層の酸素濃度を $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に設定してなることを特徴とする半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体発光装置に係わり、特にInGaAlP系材料を用いた半導体発光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】InGaAlP系混晶は、窒化物を除くIII-V族化合物半導体混晶中で最大の直接遷移型エネルギーギャップを有し、 $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$ 帯の発光素子材料として注目されている。特に、GaAsを基板とし、これに格子整合するInGaAlPによる発光部を持つpn接合型発光ダイオード(LED)は、従来のGaPやGaAsP等の間接遷移型の材料を用いたものに比べ、発光層のAl混晶比を変えることにより赤色から緑色まで直接遷移型の発光が可能であり、高輝度のLEDを形成することが可能である。またさらに、高出力の可視光レーザを形成することが可能である。

【0003】高輝度のLEDや高出力レーザを形成するためには、発光効率を高めることはもとより、発光層におけるキャリアの閉じ込めや、光の閉じ込めが十分になされることが重要である。そのためには、発光層とクラッド層のバンドギャップ差、屈折率差が十分であることが必要となる。従って、クラッド層のAl混晶比を大きくすることが必要となる。

【0004】しかしながら、これまでInGaAlPにおいて、Al混晶比 $x$ を大きくすると、特に $x$ が0.7を越えるとp型ドーパントであるZnの取り込まれ効率が悪くなるだけでなく、膜中の酸素濃度が高くなり、アクセプタを捕獲してしまうなどしてさらに、取り込まれたZnの電気的な活性化率(結晶中に取り込まれたZn濃度に対するキャリア濃度の割合)を低下させてしまい、p型キャリアを高濃度にドーピングすることが困難であった。

【0005】成長温度を低くすれば、Znの取り込まれ効率は高くなるが、さらに酸素濃度が増加することになり、ヒロック密度の増加や表面モロロジーの悪化により、素子の歩留まりが低くなるという問題があった。特に、クラッド層にInAlPを用い、Znをp型ドーパントとして用いた素子ではp型クラッド層が高抵抗になってしまった。

【0006】なお、p型ドーパントとしてMgを用いれば、その取り込まれ効率が高くなるため、高キャリア濃

度を得ることはできるが、Mgには並紋や遅れ等の問題があり、制御性良くドーピングすることは困難であった。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、InGaAlP系材料を用いた半導体発光装置においては、高Al組成のクラッド層を採用すると、キャリア濃度の低下による抵抗値増大や、ヒロック密度の増加や表面モロロジーの悪化による歩留まり低下を招き、実質的に高Al組成のクラッド層を採用することは困難であった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、InGaAlP系材料を用いても、高Al組成InGaAlPの低抵抗p型層を実現し、かつ良好な表面モロロジー及びヒロック密度を実現することができ、素子特性の向上及び製造歩留まりの向上をはかり得る半導体発光装置を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の骨子は、酸素濃度を最適化することにより、低抵抗かつ良好なモロロジーを持つ高Al組成InGaAlP層を得ることにある。即ち本発明は、 $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x})$ 、Pからなり、活性層をp型クラッド層及びn型クラッド層で挟んだダブルヘテロ構造部を有する半導体発光装置において、p型クラッド層のAl混晶比 $x$ を $x \geq 0.75$ とし、p型クラッド層の酸素濃度を $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下に設定してなることを特徴とする。

【0010】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

(1) 基板の面方位が(100)から[011]又は[01-1]方向に10度以上傾斜した面方位であること。

(2) p型クラッド層のドーパントがZnであること。

## 【0011】

【作用】本発明によれば、高Al組成の $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x})$ 、P( $x \geq 0.75$ )において、酸素濃度を前記のように規定することにより、低抵抗、高濃度p型ドーピング及び良好な表面モロロジーを実現することができるため、高バンドギャップ差及び高屈折率差を有する良好なダブルヘテロ接合を有する素子を歩留まり良く作成することが可能となる。

## 【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施例に係わる半導体発光装置の概略構成を示す断面図である。図中11はn-GaAs基板であり、この基板11の主面上に、n-GaAsバッファ層12、10対のn-InAlPとn-GaAsからなるブラッグ反射層13が形成されている。ブラッグ反射層13上には、n-In $_{1-x}$ Al $_{1-x}$  Pクラッド層14、 $\text{In}_{1-x}(\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x})$ 、Pクラッド層15、及びp-In $_{1-x}$ Al $_{1-x}$  Pクラッド層

16からなるダブルヘテロ構造部(発光領域層)が成長形成されている。

【0013】ダブルヘテロ構造部上には、 $p\text{-InGaP}$ 中間コンタクト層17及び $n\text{-In}_{x-1}\text{Al}_x$ 、 $P$ 電流阻止層18が成長形成され、選択エッチングにより電流阻止層18は例えば円形に加工されている。中間コンタクト層17及び電流阻止層18上には、 $p\text{-Ga}_{x-1}\text{Al}_x\text{As}$ 電流拡散層19及び $p\text{-GaAs}$ コンタクト層20が成長形成され、このコンタクト層20は電流阻止層18の形状に合わせて円形に加工されている。そして、コンタクト層20の上に $\text{Au-Zn}$ からなる $p$ 側電極21が形成され、基板11の他方の主面に $\text{Au-Ge}$ からなる $n$ 側電極22が形成されている。

【0014】なお、各層の成長にはMOCVD法を用い、12~18を1回目の成長で形成し、19、20を2回目の成長で形成した。また、図1の素子では、 $n$ 型クラッド層14を形成する $\text{In}_{x-1}(\text{Ga}_{x-1}\text{Al}_x)$ 、 $P$ 、活性層15を形成する $\text{In}_{x-1}(\text{Ga}_{x-1}\text{Al}_x)$ 、 $P$ 、及び $p$ 型クラッド層16を形成する $\text{In}_{x-1}(\text{Ga}_{x-1}\text{Al}_x)$ 、 $P$ 各層の $\text{Al}$ 組成 $x$ 、 $y$ 、 $z$ は、 $x=z=1.0$ 、 $y=0.45$ としたが、 $y \leq x$ 、 $y \leq z$ であればよい。即ち、発光層となる活性層15のバンドギャップが $p$ 、 $n$ の2つのクラッド層14、16より小さければよい。

【0015】 $p\text{-Ga}_{x-1}\text{Al}_x\text{As}$ 電流拡散層19の $\text{Al}$ 組成 $w$ と $n\text{-In}_{x-1}(\text{Ga}_{x-1}\text{Al}_x)$ 、 $P$ 電流阻止層18の各層の $\text{Al}$ 組成 $v$ 、 $w$ は、図1の素子では $w=0.8$ 、 $v=1.0$ としているが、この限りではない。具体的には、活性層15の発光波長に対して透明になるように、活性層15よりもバンドギャップが大きくなるように選べばよい。

【0016】 $p$ 側電極21は、レジストなどを用いたリフトオフ法又はエッチングにより電流阻止層18の真上に形成され、この $p$ 側電極21以外の部分の $p\text{-GaAs}$ コンタクト層20は、アンモニア、過酸化水素水系の選択エッチャントにより除去されている。

【0017】ここで、 $p\text{-InGaP}$ 中間コンタクト層17は、 $\text{In}_{x-1}(\text{Ga}_{x-1}\text{Al}_x)$ 、 $P$ 活性層15の $\text{Al}$ 組成 $y$ を大きくした場合、活性層15の発光に対して吸収層となってしまうが、本実施例では次のような理由で形成している。即ち、一般に $\text{GaAlAs}$ 上への結晶成長はその成長主面である $\text{GaAlAs}$ 表面が酸化しやすく、酸化膜が形成されるため、良好な結晶成長を行うことはできないこと、及び $n\text{-InGaAlP}$ 電流阻止層18をエッチングするエッチャントに対してこれを選択性を持つ材料でなければならない。このため、表面が酸化しにくく $\text{InGaAlP}$ のエッチャントに対して選択性を持つ $\text{InGaP}$ を用いているのである。また、この $p\text{-InGaP}$ 中間コンタクト層17の厚さは、上記のことを満足するのに十分な膜厚であればよ

く、薄くなるほどに前記した活性層発光に対する吸収の効果が小さくなる。ここでは、中間コンタクト層17の厚さを50nm以下としている。

【0018】その他の層のキャリア濃度は以下に括弧内に示すように設定されている。

$n\text{-GaAs}$ 基板11 ( $80\mu\text{m}$ ,  $3 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$ )

$n\text{-InAlP}/n\text{-GaAs}$ ブラック反射層13

( $0.8\mu\text{m}$ ,  $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ )

$n\text{-InAlP}$ クラッド層14 ( $0.6\mu\text{m}$ ,  $5 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ )

$\text{InGaAlP}$ 活性層15 ( $0.3\mu\text{m}$ , アンドープ)

$p\text{-InAlP}$ クラッド層16 ( $0.6\mu\text{m}$ ,  $8 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ )

$n\text{-InGaAlP}$ 電流阻止層18 ( $0.15\mu\text{m}$ ,  $2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )

$p\text{-GaAlAs}$ 電流拡散層19 ( $7\mu\text{m}$ ,  $3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )

$p\text{-GaAs}$ コンタクト層20 ( $0.1\mu\text{m}$ ,  $3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )

である。

【0019】上記構成が従来の構造と異なる点は、クラッド層14、16の $\text{Al}$ 組成 $x$ 、 $z$ を1.0とし、 $\text{GaAs}$ 基板の面方位を(100)から[011]方向に15°傾斜した面方位とすることにより、酸素濃度を $2 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以下に低減したことであり、この素子の優位性については以下に説明する。

【0020】 $\text{InGaAlP}$ 中に残留不純物として取り込まれた酸素は、いくつかのドナー準位を形成したりドーピングされた $\text{Zn}$ と結合するなどして、アクセプタを捕獲する働きをする。 $\text{Al}$ 組成が高ければ高いほど $\text{Zn}$ が取り込まれにくくなるのに対し、酸素は取り込まれやすくなるため、高 $\text{Al}$ 組成のクラッド層を形成することは困難であった。ところが、本発明者らの実験によれば、酸素濃度を低減することにより、 $\text{InGaAlP}$ 中の $\text{Al}$ 組成比の最も高い、 $\text{InAlP}$ において $1.8 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ という高いキャリア濃度を得ることができた。また、 $10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以上の高いキャリア濃度においてもヒロック密度を $1\text{cm}^{-2}$ 当たり数百以下に低減することができ、素子の歩留まりが向上した。

【0021】図2に $\text{InAlP}$ における酸素濃度に対する $\text{Zn}$ の電気的活性化率(結晶中に取り込まれた $\text{Zn}$ 濃度に対する $p$ 型キャリア濃度の割合)を示す。この図から、酸素濃度が低くなるほど活性化率は高くなるが、特に酸素濃度が $2 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以下となると活性化率が急激に向上するのが分かる。従って、酸素濃度を $2 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ 以下に設定しておけば、 $\text{Al}$ 混晶比 $x$ の高い( $x \geq 0.75$ ) $\text{InGaAlP}$ を用いてもそのキャリア濃度を十分に高くすることが可能となる。図3には、 $\text{InAlP}$ における酸素濃度に対するヒロック密度を示す。この図から、 $\text{Zn}$ が低いほどヒロック密度は低下す

るが、同じZn濃度であれば酸素濃度が低いほどヒロック密度が低下するのが分かる。

【0022】酸素濃度を低減する手段としては、例えばGaAs基板の面方位を(100)から[011]方向或いは[01-1]方向に10°以上傾斜した面方位とすればよい。また、酸素の混入源の一つとして考えられる。Alの原料の純度を高くすることも効果的である。さらに、V/III比を高くすることや、成長温度を高くすることも効果的である(Y.Nishikawa et al., Extended Abstracts of the 1992 International Conference in Solid State Devices and Materials pp.293)。

【0023】図4にInGaAlPのAl混晶比に対する酸素濃度と、酸素濃度の基板面方位に対する依存性を示す。また、図中には、高純度のAl原料を用いた場合の酸素濃度も示した。この図から、(100)基板、傾斜基板共にAl混晶比xが大きいほど酸素濃度は高くなるが、(100)基板よりも15°傾斜基板の方が酸素濃度が低くなるのが分かる。

【0024】また、クラッド層16の酸素濃度を低くすることにより、活性層15の酸素濃度とクラッド層16の酸素濃度の比を小さくすることができる。本実施例のように、活性層15の酸素濃度が $7 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、クラッド層16の酸素濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であり、これらの比が小さいと、クラッド層16から活性層15へのZnの拡散を抑制することができる。本発明者らの実験によれば、

(クラッド層の酸素濃度)/(活性層の酸素濃度)  $\leq 2$  とすれば、活性層へのZnの拡散を十分に抑制できることが確認された。

【0025】上述した素子構造で実際に素子を作成し、順方向に電圧を印加したところ、565nmにピーク波長を有する発光が得られ、5カンデラという極めて高い輝度が得られた。これは、高Al組成のInGaAlPクラッド層を用いているにも拘らず、傾斜基板を用いる等して酸素濃度を低くすることにより、クラッド層のキャリア濃度を高めてその抵抗を小さくできたためである。また、酸素濃度が低いことから、ヒロック密度が低く良好な表面モロロジーが得られるのが確認された。

【0026】図5は、本発明の第2の実施例の概略断面構造を示す図である。図中51はn型GaAs基板であり、この基板51の主面上にn型GaAsバッファ層52が成長形成されている。バッファ層52上には、n型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>Pクラッド層53、In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P光ガイド層54及び56、In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P(-2%の歪みを持つ)とIn<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>Pから構成される歪み多重量子井戸構造の活性層55、p型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P第1クラッド層57からなるダブルヘテロ構造部が成長形成されている。さらにその上には、p型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>Pエッチングストッ

層58、部分的に設けられたストライプ状のp型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P第2クラッド層59が成長形成されている。

【0027】リブ構造をなすストライプ状のp型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P第2クラッド層59上には、p型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P中間コンタクト層60が形成され、両側に電流ブロック層としてのn型GaAs電流狭窄層61が形成されている。そして、p型In<sub>a-1</sub>(Ga<sub>a</sub>, Al<sub>1-a</sub>)<sub>b-1</sub>P中間コンタクト層60及びn型GaAs電流狭窄層61の上には、p型GaAsコンタクト層62が成長形成されている。

【0028】そして、p型GaAsコンタクト層62上にAu-Znからなるp側電極63が形成され、基板51の他方の主面にAu-Geからなるn側電極64が形成されている。なお、各層の成長にはMOCVD法を用い、52~60を1回目の成長で形成し、61を2回目の、62を3回目の成長で形成した。n型GaAs基板51は、(100)から[011]方向に15°傾斜した面方位を持つ。

【0029】ダブルヘテロを構成するInGaAlP各層のAl組成v, w, x, zは、 $y=v$ ,  $w \leq v \leq x$ ,  $w \leq v \leq z$ ,  $z \geq 0.75$ に設定する。即ち、活性層55のバンドギャップがp, nの2つのクラッド層53, 57より小さいダブルヘテロ接合が形成されている。上述の半導体発光装置で $z=x=1.0$ ,  $y=v=0.5$ ,  $w=0$ としたところ、p型クラッド層57のキャリア濃度として $1.8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ が得られ、またヒロック密度も数百( $\text{cm}^{-2}$ )程度であった。さらに、素子特性として、発振波長630nmで、しきい値30mA、最高発振温度150℃が得られ、50℃、3mWで2000時間動作が確認されている。

【0030】以上のように本実施例では、キャリアのオーバーフローの少ない良好な電気特性、光学的特性を持つ半導体発光素子を歩留まり良く作成することができる。なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではない。実施例では、反射層や電流狭窄層を用いたLEDと、多重量子井戸構造を備えた横モード制御型レーザについて示したが、pn接合を備えた半導体発光素子であればよい。またさらに、素子を構成する材料系は、Al混晶比の高い材料を含むものであればよく、例えばGa<sub>a-1</sub>Al<sub>1-a</sub>As( $a \geq 0.7$ )やIn<sub>a-1</sub>Al<sub>1-a</sub>As( $b \geq 0.7$ )などでも同様な効果が得られる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、高いAl混晶比を持つ材料において低抵抗、低ヒロック密度が得られ、キャリアのオーバーフロー等の少ない良好な電気特性、光学的特性を有する半導体発光装置を歩留まり良く実現することが可能となる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例に係わる半導体発光装置の概略構造を示す断面図。

【図2】酸素濃度に対するp型クラッド層のキャリア濃度を示す図。

【図3】酸素濃度に対するヒロック密度を示す図。

【図4】基板面方位に対する酸素濃度を示す図。

【図5】第2の実施例に係わる半導体発光装置の概略構造を示す断面図。

## 【符号の説明】

11. 51...n-GaAs基板  
12...n-InAlP/n-GaAsブラック反射層  
13. 53...n-InGaAlPクラッド層  
14...InGaAlP活性層

\* 15...p-InGaAlPクラッド層

16. 60...p-InGaP中間コンタクト層

17...n-InGaAlP電流阻止層

18...p-GaAlAs電流拡散層

19. 62...p-GaAsコンタクト層

20. 63...p側電極

21. 64...n側電極

52...n-GaAsバッファ層

54. 56...InGaAlP光ガイド層

10 57...p-InGaAlP多量量子井戸活性層

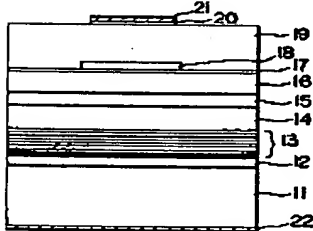
58...p-InGaAlP第1クラッド層

59...p-InGaAlP第2クラッド層

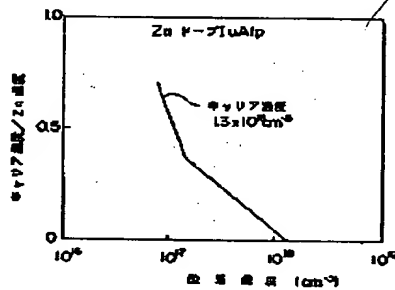
61...n-GaAs電流拡散層

\*

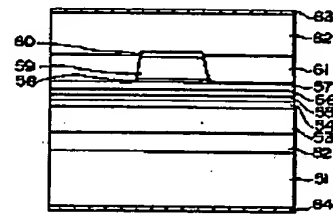
【図1】



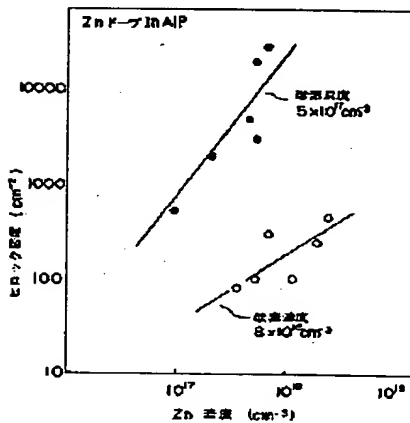
【図2】



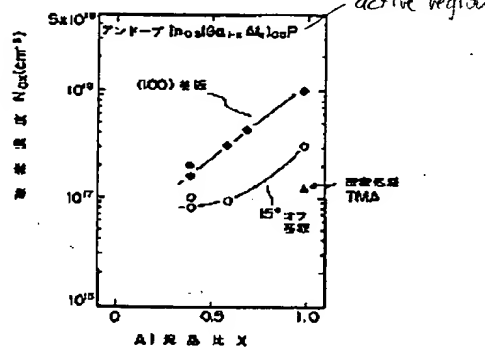
【図5】



【図3】



【図4】



(6)

特開平7-94780

フロントページの続き

(72)発明者 岡島 正季  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Semiconductor luminescence equipment which consists of  $\text{In}_{1-y} \text{P}$  ( $\text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$ ), sets aluminum mixed-crystal ratio  $x$  of the aforementioned p type clad layer to  $x \geq 0.75$  in the semiconductor luminescence equipment which has the double hetero structured division which sandwiched the barrier layer in p type clad layer and n type clad layer, sets the oxygen density of the aforementioned p type clad layer or less  $[2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}]$  to three, and is characterized by the bird clapper.

---

[Translation done.]



**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the semiconductor luminescence equipment using InGaAlP system material with respect to semiconductor luminescence equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the III-V group compound semiconductor mixed crystal except a nitride, InGaAlP system mixed crystal has the greatest transitioned [ directly ] type energy gap, and attracts attention as a light-emitting-device material of 0.5-0.6-micrometer band. Compared with the thing using a transitioned [ indirectly ] type material of the conventional GaP, GaAsP, etc., transitioned [ directly ] type luminescence is possible for especially the pn junction type light emitting diode (Light Emitting Diode) with the luminescence section by InGaAlP which uses GaAs as a substrate and carries out grid adjustment at this from red to green by changing aluminum mixed-crystal ratio of a luminous layer, and it can form Light Emitting Diode of high brightness. Furthermore, it is possible to form the light laser of high power.

[0003] In order to form Light Emitting Diode and high power laser of high brightness, it is important for raising luminous efficiency that the carrier in a luminous layer shuts up, \*\* and light close from the first, and eye \*\* is fully made. For that purpose, the band-gap difference of a luminous layer and a clad layer and a refractive-index difference come out enough, and a certain thing is needed. Therefore, it is necessary to enlarge aluminum mixed-crystal ratio of a clad layer.

[0004] However, in InGaAlP, if aluminum mixed-crystal ratio  $x$  is enlarged, until now Zn which is p type dopant when especially  $x$  exceeds 0.7 is incorporated. efficiency not only becomes bad, but It was difficult to reduce the electric rate of activation of Zn which the oxygen density in a film became high, will compensate an acceptor, and was incorporated further (carrier concentration to Zn concentration incorporated during the crystal comparatively), and to dope p type carrier to high concentration.

[0005] Although Zn was incorporated and efficiency became high when making growth temperature low, an oxygen density will increase further and there was a problem that the yield of an element became low, according to the increase in hillock density, or aggravation of surface morphology. Especially, InAlP is used for a clad layer and p type clad layer has become high resistance with the element using Zn as a p type dopant.

[0006] In addition, although high carrier concentration could be obtained since [ the ] it was incorporated and efficiency became high when using Mg as a p type dopant, it was difficult for there to be problems, such as diffusion and delay, in Mg and to dope with a sufficient controllability.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, conventionally, when the clad layer of high aluminum composition was adopted in the semiconductor luminescence equipment using InGaAlP system material, it was difficult to cause the yield fall by the resistance increase by the fall of carrier concentration, the increase in hillock density, or aggravation of surface morphology, and to adopt the clad layer of high aluminum composition substantially.

[0008] Even if it uses InGaAlP system material, the low resistance p type layer of the high aluminum composition InGaAlP can be realized, and the place which this invention was made in consideration of the above-mentioned situation, and is made into the purpose can realize good surface morphology

and hillock density, and is to offer the semiconductor luminescence equipment which can aim at the improvement in an element property, and improvement in the manufacture yield.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The main point of this invention is by optimizing an oxygen density to obtain a high aluminum composition InGaAlP layer with low resistance and good morphology. That is, this invention consists of In<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>P (Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>), in the semiconductor luminescence equipment which has the double hetero structured division which sandwiched the barrier layer in p type clad layer and n type clad layer, sets aluminum mixed-crystal ratio x of p type clad layer to  $x \geq 0.75$ , sets the oxygen density of p type clad layer or less [ $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ] to three, and is characterized by the bird clapper.

[0010] Here, the following are raised as a desirable embodiment of this invention.

(1) It is the field direction where the field direction of a substrate inclined 10 degrees or more in (100) to [011], or the [01-1] direction.

(2) The dopant of p type clad layer should be Zn.

[0011]

[Function] Since low resistance and high concentration p type doping and good surface morphology are realizable by specifying an oxygen density as mentioned above in In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P ( $x \geq 0.75$ ) of high aluminum composition according to this invention, it becomes possible to create the element which has the good double heterojunction which has a high band-gap difference and a high refractive-index difference with the sufficient yield.

[0012]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

Drawing 1 is the cross section showing the outline composition of the semiconductor luminescence equipment concerning the 1st example of this invention. 11 in drawing is a n-GaAs substrate, and the Bragg-reflection layer 13 which consists of n-InAlP of 12 or 10 pairs of n-GaAs buffer layers and n-GaAs is formed on the principal plane of this substrate 11. On the Bragg-reflection layer 13, growth formation of the double hetero structured division (luminescence field layer) which consists of the n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P clad layer 14, an In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>0.55</sub>Al<sub>0.45</sub>)P barrier layer 15, and a p-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P clad layer 16 is carried out.

[0013] On the double hetero structured division, growth formation of the p-InGaP middle contact layer 17 and the n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>P current blocking layer 18 is carried out, and the current blocking layer 18 is circularly processed by selective etching, for example. On the middle contact layer 17 and the current blocking layer 18, growth formation of the p-Ga<sub>0.2</sub>Al<sub>0.8</sub>As current diffusion layer 19 and the p-GaAs contact layer 20 is carried out, and this contact layer 21 is circularly processed according to the configuration of the current blocking layer 18. And the p lateral electrode 21 which consists of Au-Zn is formed on the contact layer 20, and the n lateral electrode 22 which becomes the principal plane of another side of a substrate 11 from Au-germanium is formed.

[0014] In addition, 12-18 were formed in growth of each class by the 1st growth using the MOCVD method, and 19 and 20 were formed by the 2nd growth. Moreover, In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)P which forms n type clad layer 14 with the element of drawing 1, Although In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)P which forms a barrier layer 15 and the aluminum composition x of In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>)P each class which forms p type clad layer 16, and y and z set to  $x=z=1.0$  and  $y=0.45$ , they should just be  $y \leq x$  and  $y \leq z$ . Namely, the band gap of the barrier layer 15 used as a luminous layer should be just smaller than two clad layers, p and n, 14 and 16.

[0015] Although the aluminum composition w of the p-Ga<sub>1-w</sub>Al<sub>w</sub>As current diffusion layer 19 and aluminum composition v and w of each class of the n-In<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>)P current blocking layer 18 are set to  $w=0.8$  and  $v=1.0$  with the element of drawing 1, they are not this limitation. What is necessary is just to specifically, choose so that it may become transparent to the luminescence wavelength of a barrier layer 15, and a band gap may become large rather than a barrier layer 15.

[0016] The p lateral electrode 21 is formed right above the current blocking layer 18 of the lift-off method or etching which used the resist etc., and the p-GaAs contact layer 20 of portions other than this p lateral-electrode 21 is removed by ammonia and the selection etchant of a hydrogen-peroxide-solution system.

[0017] Here, although the p-InGaP middle contact layer 17 will turn into an absorption layer to

luminescence of a barrier layer 15 when aluminum composition  $y$  of the  $\text{In}_{0.5}\text{Al}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)\text{P}$  barrier layer 15 is enlarged, it is formed by the following reasons at this example. That is, generally, since the GaAlAs front face which is the growth principal plane tends to oxidize and an oxide film is formed, the crystal growth to a GaAlAs top must be the material which has selectivity for this so that a good crystal growth cannot be performed and the etchant which \*\*\*\*\*s the n-InGaAlP current blocking layer 18. For this reason, InGaP which has selectivity to the etchant of InGaAlP that a front face cannot oxidize easily is used. Moreover, the effect of the absorption to barrier-layer luminescence described above that the thickness of this p-InGaP middle contact layer 17 should just be sufficient thickness to satisfy the above-mentioned thing, so that it became thin becomes small. Here, thickness of the middle contact layer 17 is set to 50nm or less.

[0018] The carrier concentration of other layers is set up as shown in a parenthesis below.

n-GaAs substrate 11 (micrometers [ 80 ],  $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )

n-InAlP/n-GaAs Bragg-reflection layer 13 (micrometers [ 0.8 ],  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )

n-InAlP clad layer 14 (micrometers [ 0.6 ],  $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )

InGaAlP barrier layer 15 (micrometers [ 0.3 ], undoping)

— p-InAlP clad layer 16 (micrometers [ 0.6 ],  $8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )

n-InGaAlP current blocking layer 18 (micrometers [ 0.15 ],  $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )

p-GaAlAs current diffusion layer 19 (micrometers [ 7 ],  $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )

p-GaAs contact layer 20 (micrometers [ 0.1 ],  $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )

It comes out.

— [0019] The point that the above-mentioned composition differs from the conventional structure is having reduced the oxygen density or less [  $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  ] to three, and by setting the aluminum composition  $x$  of the clad layers 14 and 16 and  $z$  to 1.0, and making the field direction of a GaAs substrate into the field direction which inclined 15 degrees in the (100) to [011] direction explains it below about the predominance of this element.

[0020] It combines with Zn which formed some donor level or was doped, and the oxygen incorporated as a remains impurity in InGaAlP carries out the work which compensates an acceptor. Since oxygen became the more to Zn becoming is hard to be incorporated that it is easy to be incorporated the more aluminum composition is high, it was difficult to form the clad layer of high aluminum composition. However, according to the experiment of this invention persons, in highest InAlP of aluminum composition ratio in InGaAlP, high carrier concentration called  $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  was able to be obtained by reducing an oxygen density. Moreover, it also sets to three or more [  $10^{18} \text{cm}^{-3}$  ] high carrier concentration, and is hillock density  $1 \text{cm}^2$  It could decrease in 100 or less hit number, and the yield of an element improved.

— [0021] The rate of electric activation of Zn to the oxygen density broken into drawing 2 at InAlP (p type carrier concentration to Zn concentration incorporated during the crystal comparatively) is shown. Although the rate of activation becomes high so that an oxygen density becomes low, when especially an oxygen density becomes three or less [  $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  ] from this drawing, it turns out that the rate of activation improves rapidly. Therefore, if the oxygen density is set or less [  $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  ] to three, even if it uses high ( $x \geq 0.75$ ) InGaAlP of aluminum mixed-crystal ratio  $x$ , it will become possible to make the carrier concentration high enough. The hillock density to the oxygen density in InAlP is shown in drawing 3. From this drawing, although it falls, if Zn is the same Zn concentration like a low, as for hillock density, a low is understood that hillock density falls [ an oxygen density ].

[0022] What is necessary is just to let the field direction of a GaAs substrate be the field direction which inclined 10 degrees or more in the (100) to [011] direction, or the [01-1] direction as a means to reduce an oxygen density, for example. Moreover, it is also effective to make high purity of the raw material of aluminum considered as one of the sources of mixing of oxygen. Furthermore, V/III It is also effective to make a ratio high or to make growth temperature high (Y. Nishikawa et al., Extended Abstracts of the 1992 International Conference in Solid State Devices and Meterrials pp.293).

[0023] The dependency over the substrate side direction of the oxygen density to aluminum mixed-crystal ratio of InGaAlP and an oxygen density is shown in drawing 4. Moreover, all over drawing, the oxygen density at the time of using aluminum raw material of a high grade was also shown.

From this drawing, an oxygen density understands that an oxygen density becomes low rather than a substrate (100) in the 15-degree inclination substrate although it becomes high, so that aluminum mixed-crystal ratio  $x$  is large for a substrate (100) and an inclination substrate.

[0024] Moreover, the ratio of the oxygen density of a barrier layer 15 and the oxygen density of the clad layer 16 can be made small by making the oxygen density of the clad layer 16 low. Like this example, the oxygen density of a barrier layer 15 is [ the oxygen density of  $7 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  and the clad layer 16 ]  $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ , and if these ratios are small, diffusion of Zn from the clad layer 16 to a barrier layer 15 can be suppressed. According to the experiment of this invention persons, it was checked that diffusion of (the oxygen density of a clad layer) / (oxygen density of a barrier layer)  $\leq 2$ , then Zn to a barrier layer can fully be suppressed.

[0025] When the element was actually created with the element structure mentioned above and voltage was impressed to the forward direction, luminescence which has peak wavelength in 565nm was obtained, and the very high brightness of 5 cds was obtained. In spite of using the InGaAlP clad layer of high aluminum composition for this, it is because the carrier concentration of a clad layer was raised and the resistance was made small by carrying out using an inclination substrate etc. and making an oxygen density low. Moreover, it was checked that surface morphology with it is obtained. [ a low oxygen density and ] [ good / the shell alias a low, and hillock density ]

[0026] Drawing 5 is drawing showing the outline cross-section structure of the 2nd example of this invention. 51 in drawing is an n type GaAs substrate, and growth formation of the n type GaAs buffer layer 52 is carried out on the principal plane of this substrate 51. On a buffer layer 52 n mold  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P clad layer 53 and  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-y} \text{Al}_y$  P light-guide layers 54 and 56 and  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-v} \text{Al}_v$  P (-2% of distortion) Growth formation of the double hetero structured division which consists of a barrier layer 55 of the distortion multiplex quantum well structure which consists of  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-w} \text{Al}_w$  P as having, and the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-z} \text{Al}_z$  P 1st clad layer 57 is carried out. Furthermore on it, growth formation of the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P etching stop layer 58 and the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P 2nd clad layer 59 of the shape of a stripe established partially is carried out.

[0027] On the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P 2nd clad layer 59 of the shape of a stripe which makes rib structure, the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P middle contact layer 60 is formed, and the n type GaAs current constriction layer 61 as a current block layer is formed in both sides. And on the p type  $\text{In}_{0.5} \text{Ga}_{1-x} \text{Al}_x$  P middle contact layer 60 and the n type GaAs current constriction layer 61, growth formation of the p type GaAs contact layer 62 is carried out.

[0028] And the p lateral electrode 63 which consists of Au-Zn is formed on the p type GaAs contact layer 62, and the n lateral electrode 64 which becomes the principal plane of another side of a substrate 51 from Au-germanium is formed. In addition, 52-60 were formed in growth of each class by the 1st growth using the MOCVD method, and 62 [ the time / 2nd ] was formed for 61 by the 3rd growth. The n type GaAs substrate 51 has the field direction which inclined 15 degrees in the (100) to [011] direction.

[0029] The aluminum composition  $v$ ,  $w$ , and  $z$  of InGaAlP each class which constitutes a double hetero is set as  $y=v$ ,  $w \leq v \leq x$ ,  $w \leq v \leq z$ , and  $z \geq 0.75$ . That is, the double heterojunction with the band gap of a barrier layer 55 smaller than two clad layers, p and n, 53 and 57 is formed. When referred to as  $z=x=1.0$ ,  $y=v=0.5$ , and  $w=0$  with above-mentioned semiconductor luminescence equipment,  $1.8 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  were obtained as carrier concentration of p type clad layer 57, and hillock density was also hundreds ( $\text{cm}^{-2}$ ) grade. Furthermore, as an element property, the threshold of 30mA and the highest oscillation temperature of 150 degrees C are obtained on the oscillation wavelength of 630nm, and operation is checked by 50 degrees C and 3mW for 2000 hours.

[0030] By this example, a semiconductor light emitting device with a good electrical property with little overflow of a carrier and an optical property can be created with the sufficient yield as mentioned above. In addition, this invention is not limited to each example mentioned above. Although the example showed Light Emitting Diode which used the reflecting layer and the current constriction layer, and the transverse-mode control type laser equipped with multiplex quantum well structure, what is necessary is just the semiconductor light emitting device equipped with pn junction. Furthermore, an effect with the same said also of  $\text{Ga}_{1-a} \text{Al}_a \text{As}$  ( $a \geq 0.7$ ) and  $\text{In}_{1-b} \text{Al}_b \text{As}$  ( $b \geq 0.7$ ) is acquired that the material system which constitutes an element should just be a thing

containing a high material of aluminum mixed-crystal ratio. In addition, in the range which does not deviate from the summary of this invention, it can deform variously and can carry out.

[0031]

[Effect of the Invention] As explained in full detail above, low resistance and low hillock density are obtained in the material which has high aluminum mixed-crystal ratio according to this invention, and it becomes possible to realize the semiconductor luminescence equipment which has a good electrical property with little overflow of a carrier etc., and an optical property with the sufficient yield.

---

[Translation done.]